มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคเรียนที่ 2 **ประจำปีการศึกษา 2549**

วันที่ : 22 กุมภาพันธ์ 2550 **เวลา 13:30-16:30 น.**

วิชา : 237-510 Powder Metallurgy **ห้อง A205**

ชื่อ ..... ชื่อสกุล..... รหัส .....

คำชี้แจง

1 ก่อนทำข้อสอบ ให้นักศึกษาเขียนชื่อ ชื่อสกุล และรหัสนักศึกษา ให้เรียบร้อย

2 ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าสอบ

3 อนุญาตให้นำกระดาษ A4 ที่จดด้วยลายมือตัวเอง (หน้า-หลัง) เข้าห้องสอบได้

4 อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

5 ข้อสอบมีทั้งหมด 14 ข้อ 11 หน้า คะแนนรวม 100 คะแนน (คิดเป็น 30% ของทั้งหมด) ให้นักศึกษาทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบตามที่เว้นไว้ให้ (ถ้าเนื้อที่ที่กำหนดไว้ไม่เพียงพอ ให้ใช้ด้านหลังของกระดาษข้อสอบ)

<u>ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา</u>

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10		8	5	
2	10		9	5	
3	5		10	10	
4	5		11	5	
5	5		12	10	
6	5		13	10	
7	5		14	10	

ผศ. ดร. นภิสพร มีมงคล

ผู้ออกข้อสอบ

สูตรความสัมพันธ์ที่สำคัญ

$\rho_g = \rho_a H_0 / H$ $\quad$ $H = H_0 - \Delta H$

$\psi = (\rho_s - \rho_g) / (\rho_T - \rho_g)$ $\quad$ $\rho_s = \rho_g / (1 - \Delta L/L_0)^3$

$C = C_0[1 - (\gamma\Omega / kT)(R_1^{-1} + R_2^{-1})]$ $\quad$ $d\rho/dt = JAN\Omega$

$\varepsilon = 4\pi(r/G)^2$ $\quad$ $\frac{d\rho}{dt} = \frac{12 D_v \Omega}{kT\ G^3}\left(\frac{2\gamma}{r} - P_g\right)$

0= initial, s = sintered, g = green, T = theory, a = apparent
ψ = densification parameter, ρ = density

1. จงให้คำนิยาม (ความหมาย) ของคำต่อไปนี้มาพอเข้าใจ (ข้อละ 1 คะแนน เป็น 10 คะแนน)

1.1) dilatometer

.....

.....

1.2) liquid phase sintering

.....

.....

1.3) surface transport

.....

.....

1.4) bulk transport

.....

.....

1.5) viscous flow

.....

.....

1.6) plastic flow

.....

.....

1.7) sintering atmospheres

.....

.....

1.8) shaping

.....

.....

1.9) compaction

.....

.....

1.10) neck size ratio

.....

.....

2. จงตอบคำถามต่อไปนี้สั้นๆ (10 คะแนน)

ก) สาเหตุที่สารยึดที่ใช้ผสมกับผงโลหะเพื่อฉีดขึ้นรูปส่วนใหญ่เป็นพอลิเมอร์ประเภท thermoplastic เพราะ .....

ข) ถ้าต้องการให้ความหนาแน่นของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการอัดขึ้นรูปในแนวแกนเดี่ยวที่ชิ้นงานมีความซับซ้อน เช่น มีความสูงหลายระดับ คือ ..... และ .....

ค) ในการอัดขึ้นรูปวัสดุผสม (ที่มีเฟสแข็ง และ อ่อน) ถ้าสัดส่วนของวัสดุแข็งเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดผลอะไรขึ้น?

.....

.....

ง) พฤติกรรมแรกสุดของอนุภาคที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มให้แรงดันในการอัดขึ้นรูปผ่านแม่พิมพ์ คือ

.....

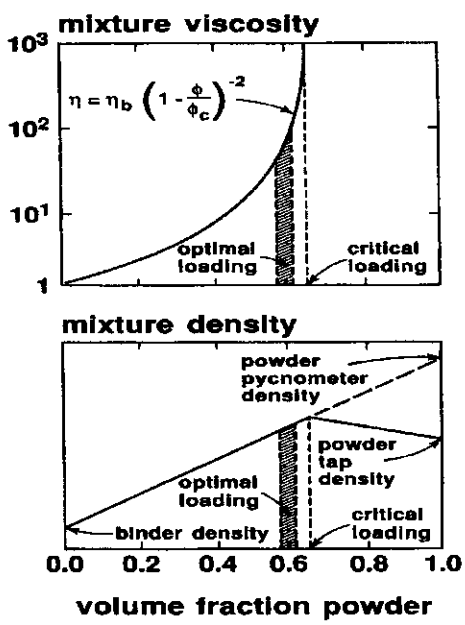
จ) แรงที่ใช้ในการดันชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ในการอัดขึ้นรูปคือ .....

ฉ) จงยกตัวอย่างบรรยากาศการอบผนึกที่นิยมใช้มา 2 แบบ คือ

..... และ .....

ช) ในการอบผนึกแบบ Liquid phase sintering ความสามารถในการแน่นตัว (densification) ขึ้นกับ..... และ .....

3. โดยทั่วไปในการอัดขึ้นรูปผงโลหะ การเพิ่มปริมาณผงให้มากขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของชิ้นงานเพิ่มขึ้น แต่ในการขึ้นรูปโดยวิธี powder injection molding เพราะเหตุใดจึงมีข้อจำกัดในการเพิ่มปริมาณผง ให้อธิบายโดยใช้รูปประกอบด้านล่าง ซึ่งกำหนดให้ 2 รูป โดยรูปบนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของส่วนผสมและปริมาณผง ส่วนรูปด้านล่างแสดงระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของส่วนผสมกับปริมาณผง (5 คะแนน)



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

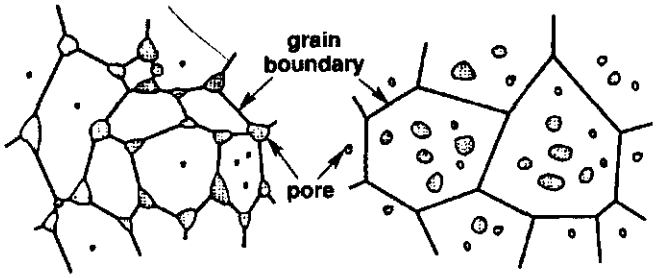
.....

.....

.....

.....

4. จากรูปลักษณะของรูพรุนและขอบเกรนที่กำหนดให้ 2 รูปคือ a) และ b) จงอธิบายโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้หลังการอบผนึกจากรูปทั้งสอง ในแง่ของพลังงานของระบบ และความหนาแน่นที่ได้ เช่นรูปใดให้ผลพลังงานของระบบต่ำกว่าและเพราะเหตุใด (5 คะแนน)



รูป a) b)

ตอบ รูปที่ให้พลังงานของระบบต่ำกว่า คือ .....

เพราะ .....

.....

รูปที่ให้ความหนาแน่นหลังการอบผนึกสูงกว่า คือ .....

เพราะ .....

.....

5. จงอธิบายกลไกการเติบโตของคอคอด (mechanism of neck growth) ขณะทำการอบผนึก (during sintering) (5 คะแนน)

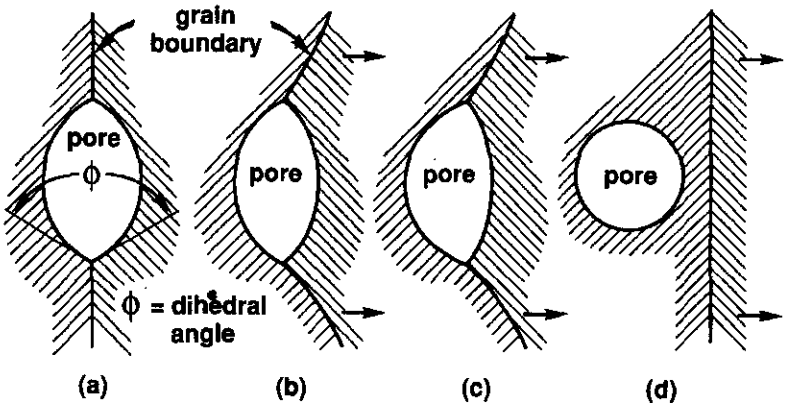
6. ผงทองแดง (ขนาดมัธยฐานของอนุภาคเท่ากับ 60 ไมครอน) ถูกอัดขึ้นรูปโดยใช้แรงอัด 138 MPa และนำไปอบผนึกเป็นเวลา 15 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิอบผนึกแตกต่างกัน และให้ค่าการหดตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ (5 คะแนน)

อุณหภูมิ, ^{o}C	การหดตัว, %
760	4.6
716	6.5
871	8.2
927	9.3

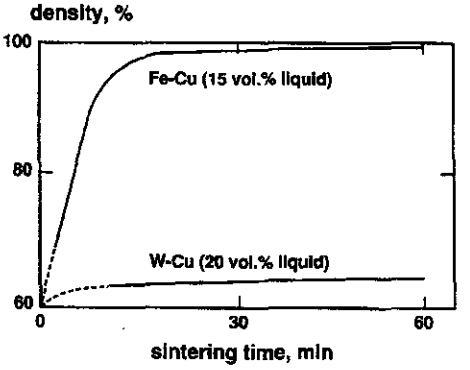
ถ้าต้องการให้ชิ้นงานทองแดงมีการหดตัว 7.5% ให้คุณประมาณค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผนึก

7. จงอธิบายความแตกต่างของอัตราการแน่นตัวที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนกลาง (intermediate stage) และขั้นตอนสุดท้าย (final stage) ในการอบผนึก (5 คะแนน)
(ข้อแนะนำ : ให้อธิบายโดยใช้สมการอัตราการแน่นตัว ว่าขึ้นกับตัวแปรอะไรบ้าง)

8. จากรูปการเคลื่อนที่ของรูพรุนและขอบเกรนขณะอบผนึก เมื่อมีการเคลื่อนที่จากรูป b) ไปเป็นรูป d) เพราะเหตุใดจึงเกิดการแยกตัวของรูพรุนออกจากขอบเกรน (5 คะแนน)



9. เพราะเหตุใดการอบผนึกเฟสผสมที่มีของเหลวเข้ามาเกี่ยวข้อง บางครั้งได้ความหนาแน่นหลังอบผนึกสูง (เช่น Fe-Cu) บางครั้งความหนาแน่นต่ำ (เช่น W-Cu) ดังแสดงในภาพด้านล่าง (5 คะแนน)



.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. จงบอกถึงข้อดีข้อเสียของการผลิตชิ้นส่วนผสมที่ขึ้นรูปมาจากผงผสม (mixed powder) และผงพรีอัลลอยด์ (prealloyed powder) (10 คะแนน)

	ข้อดี	ข้อเสีย
mixed powder		
prealloyed powder		

11. จงอธิบายปรากฏการณ์ของการอัดขึ้นรูปตามลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งให้ชื่อลักษณะหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นที่ระดับแรงอัดระดับต่างๆ (พร้อมทั้งให้ตอบว่าหมายเลข 1 2 และ 3 คืออะไร) (5 คะแนน)

.....

.....

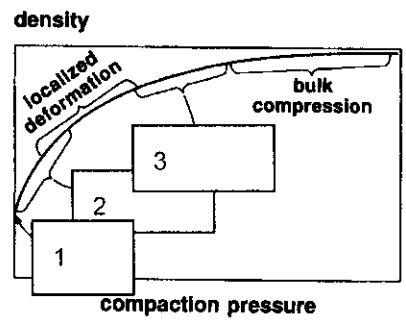
.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

...หมายเลข 1 คือ .....

...หมายเลข 2 คือ .....

...หมายเลข 3 คือ .....

12. ในการอัดขึ้นรูปผงโมลิบดีนัม (ซึ่งจัดเป็นผงแข็ง, hard powder) ขนาด 5 ไมครอน ในแม่พิมพ์ที่ผนังแม่พิมพ์มีค่าสัมประสิทธิความเสียดทานประมาณ 0.3 และอัตราส่วนความดัน (ตามแนวรัศมีต่อตามแนวแกน, radial to axial) มีค่าเท่ากับ 0.5 เป็นชิ้นงานรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. และมีความสูงสุดท้ายเป็น 2 ซม. เริ่มต้นจากความหนาแน่นปรากฏมีค่า 2.8 กรัม/ซม.^{3} (ความหนาแน่นตามทฤษฎีของโมลิบดีนัม = 10 กรัม/ซม.^{3}) และให้ความดันเท่ากับ 500 MPa (10 คะแนน)

ก) ให้พล็อตลักษณะการกระจายของความดัน เทียบกับความลึก สำหรับการอัดแบบทิศทางเดียว

ข) ให้พล็อตลักษณะการกระจายของความดัน เทียบกับความลึก สำหรับการอัดแบบสองทิศทาง

13. จงเปรียบเทียบลักษณะการแน่นตัว พฤติกรรมของกลไก เวลาที่ใช้ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปพรุนที่ได้จากการขึ้นรูปผงโลหะด้วยวิธี hot pressing, hot isostatic pressing, powder forging และ cold compaction + sintering (10 คะแนน)

กรรมวิธีการผลิต	ผลที่ได้ (output)
การอัดร้อน (hot pressing)	
การอัดร้อนทุกทิศทาง (hot isostatic pressing)	
การทุบขึ้นรูปผง (powder forging)	
การอัดแน่น+การอบผนึก (compaction + sintering)	

14. จากหัวข้องานวิจัยต่อไปนี้ให้นักศึกษาเลือกมา 1 เรื่อง และสรุปมาไม่เกิน 10 บรรทัด โดยมีใจความสำคัญ ประกอบด้วย วัสดุที่ใช้ในการวิจัย วิธีการที่ใช้ในการผลิต ศึกษาตัวแปรอะไรบ้าง ผลที่ได้จากการวิจัยเป็นอย่างไร เป็นต้น (10 คะแนน)

ก) A study on microstructures and properties of P/M valve seats of hot forging by laser irradiation

ข) Influence of chromium on microstructure and sintering properties of FeNiMoCu system prealloyed powders

ค) Cold compaction of silicon powders without a binding agent

ง) Stress-strain behavior of porous NiTi alloys prepared by powder sintering

จ) Copper injection molding using a thermoplastic binder based on paraffin wax

ฉ) Metal injection moulding of HS 12-1-5-5 high-speed steel using a PW-HDPE based binder